

## ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЙ МЕТОД РАЗРУШЕНИЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОНКРЕМЕНТОВ КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Иванова Л.Ю., к.т.н., ассистент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [anlu009@rambler.ru](mailto:anlu009@rambler.ru)

Образование органоминеральных конкрементов (ОМК) в кровеносной системе организма человека является достаточно распространенной проблемой. По данным ВОЗ, заболевания сердечно-сосудистой системы, приводящие к тотальной закупорке сосудов, являются причиной более 50% смертей в таких странах, как США, Россия, Германия и Великобритания [1].

Для решения данной проблемы интенсивно развиваются и внедряются в клиническую практику малоинвазивные и неинвазивные технологии. К неинвазивным технологиям, в первую очередь, относятся медикаментозное лечение и ударно-волновая терапия [2, 3]. Несмотря на то, что неинвазивные технологии не требуют хирургического вмешательства и исключают риск занесения инфекций в организм, они имеют множество недостатков, среди которых малая эффективность (медикаментозное лечение), длительность проведения терапии, большой риск осложнений, ограничения в использовании, сложность в эксплуатации и дороговизна [4, 5].

Альтернативными методами лечения больных с ОМК, являются малоинвазивные хирургические процедуры с использованием эндоскопических устройств [6]. Благодаря активному внедрению эндоскопических методов в хирургию стало возможным сократить число открытых операций и уменьшить риск возникновения послеоперационных осложнений.

Среди малоинвазивных методов, имеющих возможность точной дозировки энергии, гибкие рабочие инструменты (зонды) малого диаметра, относительно низкую стоимость и высокую эффективность, обращают на себя внимание методы, основанные на разрушении конкрементов с помощью энергии электрического разряда. Однако, в кардиологии методы электроразрядной литотрипсии не используются по причине малой изученности.

Таким образом, целью данной работы является исследование возможности использования электроразрядного метода для разрушения тотальных коронарных окклюзий.

### Техническая реализация метода

Для генерации электрических импульсов использовался генератор, на базе контактного электроимпульсного литотриптора [7].

Генератор высоковольтных импульсов состоял из зарядного устройства, накопителя и коммутатора энергии. В качестве зарядного устройства использовался источник

высоковольтного напряжения, выполненный по схеме обратного преобразователя. Устройством накопления энергии являлась батарея высоковольтных керамических конденсаторы серии DHR. В качестве коммутатора использовался тиратрон с полым катодом типа ТПИ1-0,2к/12.

Технические параметры генератора, предназначенного для разрушения ОМК кровеносной системы, были использованы следующие:

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| • полярность импульса          | положительная       |
| • амплитуда импульса           | от 3 до 10 кВ       |
| • длительность фронта импульса | не более 50 нс      |
| • энергия в импульсе           | от 0,025 до 0,24 Дж |

Передача импульсов напряжения от прибора к конкременту осуществляется посредством передающего кабеля и зонда. В качестве передающего кабеля использован коаксиальный кабель типа РК-50.

Важным элементом прибора является зонд, поскольку от надежности его работы зависит эффективность разрушения ОМК. Зонд условно можно разделить на три части: высоковольтный разъем, передающую часть, головку зонда (рисунок 1).



Рис. 1. Зонд электроразрядного прибора: 1 - разъем, 2 - передающая часть, 3 - головка.

Основные требования, предъявляемые к материалам и конструкции зондов, были сформулированы исходя из технических и анатомических особенностей их использования (параметров передаваемых импульсов, способности прохождения через естественные каналы организма, биологической безопасности используемых материалов).

Высоковольтный разъем зонда был разработан с учетом требований надежности работы зонда и минимальных искажений формы передаваемого импульса.

В качестве передающей части использован коаксиальный кабель и полиимидный катетер, широко используемые в медицинских целях. Полиимидный катетер надевается на тело кабеля и используется в качестве элемента жесткости и

упругости и служит дополнительной электрической изоляцией зонда. Внешний диаметр полиимидного катетера и коаксиального кабеля был выбран исходя из требований совместимости работы с интродьюсерами (менее 1,2 мм).

При разработке принципиальной конструкции головки зондов для проведения процедуры дробления ОМК кровеносной системы за основу была выбрана конструкция зондов для проведения электроимпульсной литотрипсии [8]. Конструкция урологических зондов была преобразована с учетом требований, предъявляемых к кардиологическим эндоскопическим инструментам – смещен центральный электрод внутри относительно края головки зонда для предотвращения ожога тканей, использовано сквозное отверстие для совместной работы с проволочным проводником катетеров.

### Материалы и методы

Для исследования возможности применения электроразрядного метода для разрушения тотальных окклюзий, использовались модельные образцы ОМК кровеносных сосудов. Модельные образцы были изготовлены из смеси скорлупы куриного яйца, рубленного сырого мяса и желатина, поскольку данные компоненты максимально приближают модельную ситуацию с реальностью. Смесь помещалась в силиконовые трубки, имитируя тотальную окклюзию в кровеносном сосуде. При проведении экспериментов, модельные образцы размещали в кюветах с 0,9 % раствором  $NaCl$  (физиологический раствор).

Для оценки эффективности метода определяли количество импульсов, необходимое для разрушения модельного образца и суммарную энергию разрушения. В испытаниях использовались зонды с величиной смещения центрального электрода  $d = 0,4$  и  $0,7$  мм. Зонды позиционировали перпендикулярно поверхности модельной окклюзии. На образцы воздействовали одиночными электрическими импульсами с энергией в импульсе от 0,04 до 0,1 Дж, выбранные ранее как наиболее оптимальные.

### Результаты и выводы

Результаты исследования показали, что воздействие на образцы с энергий от 0,04 до 0,1 Дж позволяет пройти смоделированный пораженный участок сосуда для обеспечения кровотока. Для прохождения модельного ОМК протяженностью 70 мм, суммарно необходимо затратить не более 4,0 Дж (таблица 1).

В среднем зонды способны разрушить модельную окклюзию за 45 импульсов при энергии в импульсе 0,08 Дж. При этом надежность работы зондов остается стабильной 150-200 импульсов.

Таблица 1. Результаты разрушения модельных окклюзий

Величина $d$ , мм	Суммарная энергия разрушения, Дж	Энергия разрушения, Дж
0,4	4,0	3,86±0,37
	3,6	
	4,0	
0,7	3,2	3,14±0,79
	2,7	
	3,68	

Таким образом, полученные результаты могут говорить о том, что разработанные зонды и электроразрядный метод в целом может быть применим для разрушения реальных ОМК кровеносных сосудов.

### Список литературы

1. Лилли С. Л. Патология заболеваний сердечно-сосудистой системы / С. Л. Лилли пер. с англ. под ред. Д. М. Аронова. – 2003. – 598с.
2. Атеросклероз. Современные представления и принципы лечения. Рекомендации ВНОК // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2009. - № 8. – Т. 67. – С. 84-96.
3. Абсеитова С. Р. Опыт лечения кардиологической ударно-волновой терапией больных ишемической болезнью сердца // Медицина. — 2005. — № 12. — С. 28–30.
4. Hamad A. Refractory angina pectoris: A therapeutic challenge [Electronic resource] / A. Hamad, C-M. Chow // J. Cardiology Rounds. – 2004. – Vol. 9, №2. – Mode of access: [http://www.cardiologyrounds.ca/crus/cardiocdneng\\_0204.pdf](http://www.cardiologyrounds.ca/crus/cardiocdneng_0204.pdf)
5. Umatoku T. Extracorporeal cardiac shock wave therapy improves left ventricular remodeling after acute myocardial infarction in pigs / T. Umatoku, K. Ito, K. Ade, K. Oi [et al.] // J. Coron. Artery Dis. – 2007. – Vol. 18, № 5. – P. 397–404.
6. Федоров И. В. Эндоскопическая хирургия / И. В. Федоров, И. Е. Сигал, Л. Е. Савин. – М. : Медиа. ГЭОТАР. – 2006. – 351 с.
7. Патент РФ № 2313306. Способ и устройство для интрокорпаральной литотрипсии / В. П. Черненко, В. М. Диамант, М. И. Лернер, С. Хачин, В. Хачин. Заявл. 20.05.2005. Опубл. 27.12.2007.
8. Научно-технические аспекты электроимпульсной дезинтеграции биологических органоминеральных конкрементов / Л. Ю. Иванова, М. И. Лернер, В. П. Черненко, С. В. Редькин // Биотехносфера. – 2012. – №5-6. – С. 27-33.